

日本特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

57395-us-
HH/sm
JC986 U.S. PTO
09/942122
08/30/01


別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年10月 6日

出願番号

Application Number:

特願2000-308033

出願人

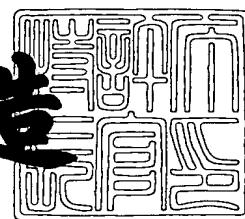
Applicant(s):

株式会社デンソー

2001年 5月31日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3049382

【書類名】 特許願

【整理番号】 IP5146

【提出日】 平成12年10月 6日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 C01B 3/38

H01M 8/06

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

【氏名】 近藤 靖男

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

【氏名】 川口 清司

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

【氏名】 寺尾 公良

【特許出願人】

【識別番号】 000004260

【氏名又は名称】 株式会社デンソー

【代理人】

【識別番号】 100100022

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 洋二

【電話番号】 052-565-9911

【選任した代理人】

【識別番号】 100108198

【弁理士】

【氏名又は名称】 三浦 高広

【電話番号】 052-565-9911

【選任した代理人】

【識別番号】 100111578

【弁理士】

【氏名又は名称】 水野 史博

【電話番号】 052-565-9911

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 038287

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 水素供給装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 水素消費装置(50)に供給する水素を生成する水素供給装置であって、

改質原料が通過する低温流体通路(A)と、
燃焼ガスを発生させる燃焼ガス供給部(60)が設けられた高温流体通路(B)と、

前記低温流体通路(A)に配置され、少なくとも水を含む第1の改質原料を供給する第1改質原料供給部(10)と、

前記低温流体通路(A)における前記第1改質原料供給部(10)の下流側に配置され、前記燃焼ガスの燃焼熱を前記第1の改質原料に伝える熱交換部(20)と、

前記低温流体通路(A)における前記熱交換部(20)の下流側に配置され、少なくとも水素化合物を含む第2の改質原料を供給し、前記第1の改質原料と前記第2改質原料とを混合して前記改質原料を生成する第2改質原料供給部(30)と、

前記低温流体通路(A)における前記第2改質原料供給部(30)の下流側に配置され、触媒反応により前記改質原料を水素に改質する改質部(40)とを備えていることを特徴とする水素供給装置。

【請求項2】 前記燃焼ガス供給部(60)には、前記水素消費装置(50)にて消費されなかった水素を含むオフガスがオフガス供給路(51)を介して供給され、

前記オフガスの燃焼により前記燃焼ガスが生成されることを特徴とする請求項1に記載の水素供給装置。

【請求項3】 前記燃焼ガス供給部(60)には、燃焼用燃料を供給する燃焼用燃料供給部(62)と、前記燃焼用燃料を燃焼させる着火手段(65)とが設けられており、

前記燃焼用燃料の燃焼により前記燃焼ガスが生成されることを特徴とする請求

項1または請求項2に記載の水素供給装置。

【請求項4】 前記熱交換部(20)における前記燃焼ガスとの接触面には、酸化触媒が坦持されていることを特徴とする請求項1ないし3に記載の水素供給装置。

【請求項5】 前記第2改質原料供給部(30)には、第1改質原料と第2改質原料とを混合する混合部(33)が設けられていることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1つに記載の水素供給装置。

【請求項6】 前記熱交換部(20)は、回転軸(25)を中心に回転駆動される回転蓄熱体(21)を有しており、

前記回転蓄熱体(21)は回転することにより、前記低温流体通路(A)と前記高温流体通路(B)とを交互に移動し、前記燃焼ガスの燃焼熱を前記第1改質原料に伝えることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1つに記載の水素供給装置。

【請求項7】 前記回転蓄熱体(21)は、軸方向に多数の貫通孔(21a)が形成されるとともに、その貫通孔(21a)の開放側の端面が2つの領域に区画されており、

一方の領域は前記低温流体通路(A)に位置し、他方の領域は前記高温流体通路(B)に位置しており、

前記一方の領域に形成されている前記貫通孔(21a)には前記第1改質原料が通過し、前記他方の領域に形成されている前記貫通孔(21a)には前記燃焼ガスが通過するように構成されていることを特徴とする請求項6に記載の水素供給装置。

【請求項8】 前記水素消費装置(50)は燃料電池であることを特徴とする請求項1ないし7のいずれか1つに記載の水素供給装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、改質反応により水素を生成し、水素消費装置に水素を供給する水素供給装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、燃料電池に水素を供給する装置として、炭化水素化合物を改質して水素リッチガスを生成する改質器が知られている。改質器では、高温での触媒反応（水蒸気改質反応）により炭化水素化合物を含む改質原料を改質して水素を発生させる。この水蒸気改質反応のためには、改質器を高温に維持する必要がある。改質器を高温に維持する方法として、燃料電池から排出される未反応の燃料ガス（水素を含有するオフガス）を燃焼させて、この燃焼熱を利用して改質器を加熱する方法が提案されている。

【0003】

このような改質器として、例えば特開平11-343101号公報に記載の改質器がある。この改質器は、隔壁で分離された燃焼室と改質室とからなり、隔壁を介して燃焼室と改質室との間で熱交換が行われるように構成されている。そして、燃料（オフガス）を燃焼室で燃焼させた燃焼熱で改質室を加熱し、改質室内の改質触媒により改質室を流れる改質原料が水素を含むガス（改質ガス）に改質される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

上記公報記載の改質器では、改質室に充填された改質触媒は、燃焼室における燃焼熱によって隔壁を介して間接的に加熱されるために熱抵抗が大きく、昇温が遅れて改質反応の始動が遅れる。また、燃焼室では、始動時において、燃焼ガス中の未燃焼成分等の有害成分が未浄化のまま大気中に排出されるという問題がある。さらに、熱交換器で必要伝熱量を確保するためには、大きな伝熱面および大きな体格が必要となり、搭載スペースが限られる車両用として用いる場合には不利となる。

【0005】

また、改質器において水蒸気改質反応（吸熱反応）と部分酸化改質反応（発熱反応）とを併用する場合、改質原料として燃料、水、および空気が熱交換器（蒸発器）を通過して加熱気化された後、改質器に供給される。このような場合、改

質原料中の燃料が空気中の酸素と反応して炭化物を生じる等して、熱交換器の改質原料通路における伝熱面に堆積部が付着する。この結果、熱交換器の改質原料通路を狭め、さらには閉塞するという不具合が生ずるという問題がある。特に石油系燃料を用いた場合には、高沸点成分が高温の熱交換器内部に付着堆積することが考えられる。

【0006】

本発明は、上記問題点に鑑み、蒸発器で蒸発・気化させた改質原料を改質して水素消費装置に水素を供給する水素供給装置において、蒸発器における堆積物の発生を防止することを目的とする。また、改質反応の始動性を向上させること、大気中に排出される有害成分を削減すること、装置の小型化を図ることを他の目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項1に記載の発明では、水素消費装置(50)に供給する水素を生成する水素供給装置であって、低温流体通路(A)と、高温流体通路(B)と、少なくとも水を含む第1の改質原料を供給する第1改質原料供給部(10)と、第1改質原料供給部(10)の下流側に配置され、高温流体通路(B)を流れる燃焼ガスの燃焼熱を第1の改質原料に伝える熱交換部(20)と、熱交換部(20)の下流側に配置され、少なくとも水素化合物を含む第2の改質原料を供給し、第1の改質原料と第2改質原料とを混合して改質原料を生成する第2改質原料供給部(30)と、第2改質原料供給部(30)の下流側に配置され、触媒反応により改質原料を水素に改質する改質部(40)とを備えていることを特徴としている。

【0008】

このように、改質原料の供給源を分割し、水素化合物からなる改質燃料を熱交換部(20)の下流側に供給することで、改質燃料が熱交換部(20)を通過しないので、熱交換部(20)における改質燃料に基づく堆積物の発生を防止することができる。これにより、熱交換部(20)の汚れを回避でき、堆積物による貫通孔の閉塞を防止できる。

【0009】

また、熱交換部（20）に回転式熱交換器を用いた場合には、構造上、回転蓄熱体の回転に伴うガスの移送漏れが避けられず、改質燃料が未反応のまま外部に排出されるという問題がある。そこで、請求項1に記載の発明のように改質燃料を熱交換部（20）の下流側に供給することで、改質燃料が熱交換部（20）を通過しなくなるので、未反応燃料（有害ガス）が外部に排出されることを防止できる。

【0010】

また、請求項2に記載の発明では、燃焼ガス供給部（60）には、水素消費装置（50）にて消費されなかった水素を含むオフガスがオフガス供給路（51）を介して供給され、オフガスの燃焼により燃焼ガスが生成されることを特徴としている。

【0011】

このように、水素供給装置（50）から排出されるオフガスを燃焼させ、この燃焼熱を、改質原料の加熱・気化や改質部（40）における吸熱反応（水蒸気改質反応）の補熱量として回収することで、装置の高効率化を図ることができる。

【0012】

また、請求項3に記載の発明では、燃焼ガス供給部（60）には、燃焼用燃料を供給する燃焼用燃料供給部（62）と、燃焼用燃料を燃焼させる着火手段（65）とが設けられており、燃焼用燃料の燃焼により燃焼ガスが生成されることを特徴としている。

【0013】

このような構成により、水素供給装置の始動時において、燃焼用燃料（始動用燃料）を火炎燃焼させることで、改質システムの各構成要素（熱交換部や改質部）を加熱し、速やかに改質反応開始温度まで昇温させることができる。これにより、改質反応開始までの始動時間を短縮することが可能となる。また、オフガスが供給されるオフガス供給部と始動暖気用の燃焼部とを一体構成することで、小型化を図ることができる。

【0014】

また、請求項4に記載の発明では、熱交換部（20）における燃焼ガスあるいはオフガスとの接触面には、酸化触媒が垣持されていることを特徴としている。これにより、オフガスが熱交換部（20）を通過する際に触媒燃焼させて燃焼ガスを生成することができ、この燃焼ガスの燃焼熱を利用することができる。

【0015】

また、始動時等に燃焼ガス供給部（60）で発生した燃焼ガス中には不完全燃焼等により有害ガスが含まれるが、燃焼ガスは熱交換部（20）を通過する際に酸化触媒により触媒燃焼する。従って、始動用燃料と空気との混合割合を適切に調整して火炎燃焼させ、さらに熱交換部（20）にて燃焼ガス中の有害成分を触媒燃焼させることによって、燃焼ガスを完全酸化反応（完全燃焼）させることができる。これにより、燃焼ガス中の有害ガスを十分に清浄化させた上で、外部に排出することができる。

【0016】

また、請求項1に記載の発明のように第2改質原料（改質燃料）を熱交換部（20）の下流側に供給する場合、第2改質原料供給部（30）から改質部（40）までの距離が短いため、第1改質原料と第2改質原料とを短時間で効率よく混合する必要がある。

【0017】

そこで、請求項5に記載の発明では、第2改質原料供給部（30）に、第1改質原料と第2改質原料とを混合する混合部（33）を設けている。混合部（33）は、第1改質原料に渦流を発生させることができる構成とすることが望ましい。このような混合部（33）であれば、混合部内で第1改質原料に渦流を発生させ、第1改質原料と第2改質原料とを短時間で効率よく混合させることができる。具体的には、混合部（33）は下流側が開口した円筒形状であって、その外周面に混合部内に第1改質原料を導入する流入孔（33a）および第1改質原料に渦流を発生させる案内板（33b）を形成したものとすることができる。

【0018】

また、請求項6に記載の発明では、熱交換部（20）は、回転軸（25）を中心回転駆動される回転蓄熱体（21）を有しており、回転蓄熱体（21）は回

転することにより、低温流体通路（A）と高温流体通路（B）とを交互に移動し、燃焼ガスの燃焼熱を第1改質原料に伝えることを特徴としている。

【0019】

このような回転式熱交換器は、隔壁を介して高温流体と低温流体の間の熱交換を行うのではなく、高温流体で加熱された伝熱面自体で低温流体を加熱するため、単位面積当たりの伝熱量が大きい。このため、熱交換効率を高めることができるとともに、必要伝熱量を確保するのに大きな伝熱面を必要としない。従って、始動時における改質反応早期立ち上げや燃料電池（10）の負荷変動時における高応答性を実現でき、さらに装置の小型化を図ることができる。

【0020】

また、回転蓄熱体（21）は、請求項7に記載の発明のように、軸方向に多数の貫通孔（21a）が形成されるとともに、その貫通孔（21a）の開放側の端面が2つの領域に区画されており、一方の領域は低温流体通路（A）に位置し、他方の領域は高温流体通路（B）に位置しており、一方の領域に形成されている貫通孔（21a）には第1改質原料が通過し、他方の領域に形成されている貫通孔（21a）には燃焼ガスが通過するように構成することができる。なお、請求項7でいう燃焼ガスは触媒燃焼前のオフガスを含む。

【0021】

また、請求項8に記載の発明のように、上記各請求項に記載の水素供給装置は、燃料電池に水素を供給するものとして好適に用いることができる。

【0022】

なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものである。

【0023】

【発明の実施の形態】

（第1実施形態）

以下、本発明を適用した第1実施形態を図1～図6に基づいて説明する。図1は本第1実施形態の水素供給装置の概略構成を示すブロック図であり、図2は水素供給装置の各構成要素の配置関係を示す概念図である。本第1実施形態の水素

供給装置は、水素消費装置としての燃料電池50に水素を供給するように構成されている。

【0024】

図1、図2に示すように、本第1実施形態の水素供給装置は、第1改質原料供給部10、熱交換部（蒸発部）20、第2改質原料供給部30、改質部40、CO除去部43、燃焼ガス供給部（オフガス供給部）60等を備えている。また、水素供給装置には、ハウジング1によって、改質原料が通過する低温流体通路（改質原料通路）Aと、燃焼ガスが通過する高温流体通路（燃焼ガス通路）Bとが並行して形成されている。低温流体通路Aと高温流体通路Bはそれぞれ独立しており、熱交換部20を介して熱の授受が行われる。

【0025】

低温流体通路Aでは、第1改質原料供給部10で供給された第1の改質原料（水と空気との混合気）が熱交換部20で加熱・気化（蒸発）され、第2改質原料供給部30にて第2の改質原料（改質燃料）が混合され、水および空気、改質燃料からなる改質原料が生成される。改質原料は、改質部40にてH₂およびCOを含む改質ガスに改質され、CO除去部43にてCOが除去された後、水素リッチガスとして燃料電池50に供給される。

【0026】

燃料電池50には、水素とともに空気（酸素）が供給されるように構成されており、水素と酸素との化学反応により発電する。燃料電池50では、発電に用いられなかった未反応水素を含んだオフガスが排出される。

【0027】

高温流体通路Bでは、オフガスがオフガス導入経路51を介して燃焼ガス供給部60に供給され、燃焼して燃焼ガスとなる。この燃焼ガスの燃焼熱は、熱交換部20を介して高温流体通路Bから低温流体通路Aを流れる第1改質原料に伝えられる。なお、本実施形態では、改質燃料としてガソリンや灯油といった液体石油系燃料を用いている。

【0028】

図2に示すように低温流体通路Aの最上流部には、第1改質原料（水および空

気)を供給する第1改質原料供給部10が配置されている。第1改質原料供給部10には、水流量制御弁11、空気流量制御弁12、噴霧ノズル13、混合室14が設けられている。水流量制御弁11および空気流量制御弁12にて流量制御された水および空気は、噴霧ノズル13から混合室14に噴霧され、水と空気との混合気が生成する。

【0029】

低温流体通路Aにおける第1改質原料供給部20の下流側には、熱交換部(蒸発部)20が配置されている。本第1実施形態の熱交換部20は回転式熱交換器である。

【0030】

図3は熱交換部(蒸発部)20の分解斜視図である。図3に示すように、熱交換部20には、熱エネルギーを蓄える回転蓄熱体(マトリクス)21と、マトリクス21と密着摺動してガス漏れを防止する一対の静止ガスシール22と、マトリクス21を回転駆動する駆動用モータ23が設けられている。

【0031】

マトリクス21は、コーチェライト等の耐熱性セラミックからなる円盤形状に形成されている。マトリクス21は、軸方向に多数の貫通孔(セル)21aが形成されたハニカム構造となっている。マトリクス21におけるガスシール22と接触する外周側面部21bは、セメントコーティングされるか、あるいはソリッド状のセラミックリングが固着されることによって、シール面が形成されている。

【0032】

図4は、回転蓄熱体21を構成するセル形状の例を示している。図4(a)は矩形形状セル、図4(b)は三角形状セルであり、それぞれの表面には酸化触媒(白金、パラジウム等の単体あるいは混合物)24が添着(坦持)されている。これにより、高温流体通路Bに供給される燃料電池50のオフガスを触媒燃焼させることができる。

【0033】

マトリクス21は、回転軸25とハウジング1側に設けられた軸受け26によ

って支持されている。回転軸25は、マトリクス21の中心部に設けられたソリッド状のハブ21dに固着されている。マトリクス21は電動モータ23により回転駆動される。マトリクス21の外周面にはリングギア21cが設けられている。電動モータ23からの回転力は、電動モータ23の回転軸に固定されたピニオン23aを介して、リングギア21cに伝えられる。摺動部位である軸受け26は高温雰囲気で用いられるため、高温無潤滑材料（硬質カーボン材等）によつて形成されている。

【0034】

ガスシール22は、例えばステンレスのような耐熱性金属やセラミックから形成されている。ガスシール22は、円筒状フランジ22aと、その中心を径方向に通るクロスアーム22bとが一体化して構成されている。前記クロスアーム22bの摺動面と、マトリクス21の外周側面部21bと接触するガスシール22のシール面22cには、マトリクス21およびガスシール22の摩耗を少なくするため、摩擦係数の低い高温無潤滑材料層（図示せず）がコーティング等によつて形成されている。

【0035】

低温流体通路Aを流れる高圧の改質原料が高温流体通路Bに漏れないように、マトリクス21とハウジング1との間にガスシール22を介在させることでシールしている。ガスシール22は、シール面22cでマトリクス21を軸方向の両側から挟んだ状態でハウジング1に固定されている。マトリクス21は、ガスシール22のクロスアーム22bにて2つの領域に区画される。

【0036】

図2に示すようにマトリクス21は、並行する低温流体通路Aと高温流体通路Bの双方を横断するように配置される。このとき、ガスシール22のクロスアーム22bで区画された一方の領域は低温流体通路Aに位置し、他方の領域は高温流体通路Bに位置する。マトリクス21は回転軸25を中心にガスシール22の間を摺動回転し、第1改質原料が通過する低温流体通路Aとオフガス（燃焼ガス）が通過する高温流体通路Bとを交互に移動する。

【0037】

マトリクス21は、高温流体通路Bにおいて貫通孔21aを通過する燃焼ガスから熱を受け取った後、低温流体通路Aに移動して貫通孔21aを通過する第1改質原料に熱を伝えて加熱・気化させる。このとき、マトリクス21の回転速度を制御することで、高温流体通路Bから低温流体通路Aへの伝熱速度を調整することができる。すなわち、マトリクス21の回転速度を上げることで伝熱速度を上げることができ、回転速度を下げることで伝熱速度を下げることができる。

【0038】

熱交換部20の下流側には、第2改質原料供給部30が設けられている。第2改質原料供給部30には、燃料流量制御弁31、噴霧ノズル32、混合室（混合部）33が設けられている。

【0039】

図5（a）は第2改質原料供給部30における混合室33の拡大断面を示しており、図5（b）は（a）のX-X断面を示している。図5（a）（b）に示すように混合室33は下流側が開口した円筒形状となっている。混合室33には、外周面の複数箇所（本実施形態では3箇所）を内側に切り欠くことで、混合室内に第1改質原料（水と空気の混合気）を導入する流入孔33aと、第1改質原料に渦流を発生させる案内板33bが形成されている。

【0040】

第2改質原料供給部30では、燃料流量制御弁31にて流量制御された第2の改質原料である改質燃料が噴霧ノズル32より混合室33内に噴射される。これにより、第2改質原料が熱交換部20を通過して気化・蒸発した第1改質原料と混合・気化する。このとき、第1改質原料は混合部33の側面接線方向から混合部33内に流入し、混合室33内で渦流を形成するので、第2改質原料の拡散を促進し、第1改質原料と第2改質原料とを短時間で効率よく混合することができる。

【0041】

第2改質原料供給部30の下流側には改質部40が設けられている。本第1実施形態の改質部40では、部分酸化改質（発熱反応）と水蒸気改質（吸熱反応）とが併用される。改質部40には、改質触媒（酸化ニッケル、酸化銅、白金、バ

ラジウム等の単体あるいは混合物)が添着されている。改質部40では、熱交換部20による加熱で気化した改質原料を改質し、H₂とCOを含んだ改質ガスを生成する。また、改質部40には、改質触媒の温度を検出する温度センサ(温度検出手段)41が設けられている。

【0042】

改質部40の下流側には、改質ガスの温度をCOの除去に必要な温度に冷却するための冷却部42と、冷却部42にて冷却された改質ガスからCOを除去して水素リッチガスを生成するCO除去部43が設けられている。

【0043】

高温流体通路Bにおける熱交換部20の上流側には、熱交換部20を加熱するための燃焼ガス供給部(オフガス供給部)60が設けられている。燃焼ガス供給部60には、オフガス流量制御弁61、燃料流量制御弁(燃焼用燃料供給部)62、オフェア流量制御弁63、噴霧ノズル64、点火プラグ(着火手段)65、混合・燃焼室66が設けられている。

【0044】

燃焼ガス供給部60には、燃料電池50から排出される未反応の水素を含むオフガスがオフガス供給路61を介して供給される。さらに燃焼ガス供給部60には、燃料電池50から排出される未反応の酸素を含むオフェアが、オフェア供給路52を介して供給される。

【0045】

オフガスおよびオフェアは噴霧ノズル64から混合・燃焼室66に噴霧され、オフガス混合気となる。オフガス混合気は、熱交換部20に供給され、熱交換部20に設けられた酸化触媒にて触媒燃焼して燃焼ガスを生ずる。この燃焼ガスの燃焼熱で回転蓄熱体21が加熱される。回転蓄熱体21は高温流体通路Bで熱を受け取り、回転して低温流体通路Aにて第1改質原料を加熱する。

【0046】

水素供給装置の始動時には、オフガスに代えて、燃料流量制御弁にて流量制御された始動用燃料(燃焼用燃料)を燃焼室66に噴霧し、点火プラグ65にて着火して、火炎燃焼により燃焼ガスを生じさせるように構成されている。なお、本

第1実施形態では、始動用燃料として改質燃料と同様の液体石油系燃料を用いている。

【0047】

図6は、水素供給装置の制御系を示している。図6に示すように、本第1実施形態の水素供給装置には、各種制御を行う制御部（ECU）70が設けられている。制御部70には、温度センサ41にて検出した温度信号が入力され、駆動用モータ23や各流量制御弁11、12、31、61、62、63、点火プラグ65に制御信号を出力するように構成されている。

【0048】

以下、上記構成の水素供給装置の作動について説明する。まず、水素供給装置の始動時について説明する。改質部40において改質反応が開始するためには、改質部40に供給される改質原料が蒸発・気化しており、かつ改質部40の改質触媒が改質反応を開始可能な所定温度まで昇温している必要がある。

【0049】

そこで、まず燃焼ガス供給部60の燃焼室66にて始動用燃料と空気との混合気を生成し、点火プラグ65にて着火して火炎燃焼させる。この火炎燃焼により生成した燃焼ガスは、高温流体通路Bを流れて熱交換部20を貫流する。これにより、回転蓄熱体21のうち高温流体通路Bに位置する部位は燃焼ガスにより加熱される。第1改質原料供給部10では空気を供給しておく。

【0050】

回転蓄熱体21が回転することで、燃焼ガスにて加熱された部位が低温流体通路Aに移動し、低温流体通路Aを流れる空気が加熱される。この加熱空気が低温流体通路Aを流れることにより、熱交換部20の下流側の各構成要素が急速に暖気される。

【0051】

このとき、燃焼ガス供給部60で発生した燃焼ガスには不完全燃焼等により有害ガスが含まれるが、燃焼ガスは回転蓄熱体21を通過する際に、貫通孔21aの表面に添着された酸化触媒21bにより触媒燃焼（触媒酸化反応）する。従って、始動用燃料と空気との混合割合を適切に調整して火炎燃焼させ、さらに熱交

換部20にて燃焼ガス中の有害成分を触媒燃焼させることによって、燃焼ガスを完全酸化反応（完全燃焼）させることができる。これにより、燃焼ガス中の有害ガスを十分に清浄化させた上で、外部に排出することができる。

【0052】

燃焼ガスの燃焼熱により、熱交換部20、改質部40、CO除去部43（シフト部、浄化部）といった改質システムの各構成要素が急速に暖気（予熱）される。そして、温度センサ41にて検出した改質部40の温度が所定改質反応開始温度に到達した場合に、改質触媒を含めた改質システムの構成要素が改質反応を開始することができる温度に到達したと判断して、燃焼ガス供給部60での始動用燃料の供給を中断して火炎燃焼を停止する。

【0053】

なお、所定改質反応開始温度は改質燃料の種類等に応じて任意に設定できるが、本第1実施形態のように改質燃料として石油系燃料を用いる場合には300℃～400℃と設定することができる。

【0054】

各構成要素の暖気が完了すると、第1改質原料供給部10にて第1改質原料（水および空気の混合気）の供給が開始される。第1改質原料は熱交換部20にて加熱・気化され、第2改質原料供給部30にて第2改質原料（改質燃料）が混合・気化され、水および空気、改質燃料とからなる改質原料が生成される。

【0055】

気化された改質原料は、改質部40にてH₂とCOを含む改質ガスに改質される。改質ガスは、冷却部42にて冷却された後、CO除去部43にてCOが除去され、燃料電池50に供給される。

【0056】

燃料電池50では、水素と酸素との化学反応により発電するとともに、未反応水素を含むオフガスと未反応の酸素を含むオフェアが排出される。オフガスはオフガス導入経路51を介して、オフェアはオフェア導入経路52を介して高温液体通路Bの燃焼ガス供給部60に導入され、オフガス混合気となる。オフガス混合気は、熱交換部20に供給され、回転蓄熱体21を通過する際に触媒燃焼を開

始する。このオフガスの触媒燃焼によって発生した熱は回転蓄熱体21に蓄えられ、回転蓄熱体21が回転移動することにより、低温流体通路Aを通過する第1改質原料を加熱・気化する。

【0057】

このように、オフガスの触媒燃焼による熱により、改質原料を加熱して気化するとともに、加熱された改質原料を介して下流側の改質部40をも加熱することができる。これにより、熱交換部20、改質部40の加熱は、始動用燃料の火炎燃焼による加熱からオフガス燃焼による加熱に切り替わり、水素供給装置は自立運転を開始することができる。

【0058】

次に、燃料電池50における負荷が変動した場合には、燃料電池50での負荷変動に応じて改質原料の供給量を調整して、燃料電池50への水素供給量を調整する。水素供給装置において水素供給量を増加させた場合には、改質部40の改質反応に伴う吸熱量増加により改質部40の温度が低下するため、改質部40の加熱量を増加させる必要がある。

【0059】

ところが、水素供給装置の水素供給量増加に伴う燃料電池50のオフガス排出量増加には、タイムラグがある。このため、水素供給装置での水素供給量を急速に増加させた場合には、オフガス燃焼による燃焼熱が不足する場合がある。このような場合には、一時的に燃焼ガス供給部60にて始動用燃料を噴霧して点火プラグ65で着火することで、火炎燃焼による燃焼熱を利用して熱補給することができる。これにより、常に適温下で改質反応を促進することができる。

【0060】

また、改質原料中の空気の混合割合を増加させることで、改質部40における部分酸化反応（発熱反応）の割合を増加させ、改質部40での発熱量を増加させることができる。これによっても、オフガス燃焼の燃焼熱の不足を補うことができる。

【0061】

さらに、回転蓄熱体21の回転を速めることによっても、高温流体通路Bから

低温流体通路Aへの伝熱速度を速くすることができる。これによっても、オフガス燃焼の燃焼熱の不足を補うことができる。

【0062】

なお、燃料電池50における負荷増加の伴う改質部40の温度低下は、温度センサ41にて直接的に検出することができる。あるいは燃料電池50が例えば車両走行用モータの駆動電源として用いられている場合には、アクセル開度に基づいて燃料電池50の負荷変動を予測し、改質部40の温度変化を予測するように構成してもよい。

【0063】

水素供給装置から燃料電池50への水素の供給を停止する場合には、改質燃料と水の供給を停止し、次に空気の供給を停止する。この間、低温流体通路A内に残存する可燃混合気は、高温流体通路Bにおいて熱交換部20内またはその表面部での触媒燃焼により燃焼完結するので、エミッションの排出を抑制することができる。

【0064】

ところで、本第1実施形態の熱交換部20のように回転式熱交換器を用いた場合、熱交換部20において高圧の低温流体通路Aから低圧の高温流体通路Bへのガス漏れが発生する。ガス漏れは、回転蓄熱体21とガスシール22との間からの直接的なシール漏れと、回転蓄熱体21にトラップされ移送されることに起因する移送漏れがある。すなわち、熱交換部20におけるガス漏れは、低温流体通路Aと高温流体通路Bとの圧力差と回転蓄熱体21とガスシール22との当接面における隙間に比例する隙間漏れ量と、ガスシール22のクロスアーム22bと回転蓄熱体21の貫通孔21aによって形成される空間移動容積（回転蓄熱体の回転に伴う移動）による移送漏れ量（キャリーオーバーロス）との合計になる。

【0065】

このうちシール面からの隙間漏れは、機構の改善である程度は抑制できる。しかしながら、回転蓄熱体21にトラップされることによる移送漏れは、回転式熱交換器の構造上、これ以上低減することができない。

【0066】

この結果、低温流体通路Aを流れる改質原料が高温流体通路Bを流れる排気ガス中に混入し、例えば未燃焼の改質燃料が有害ガスとなって排出されるという問題が生ずる。

【0067】

そこで、本第1実施形態では、複数種の改質原料の供給源を分割し、改質原料は熱交換部20の下流側で供給することで、回転蓄熱式熱交換部20を通過させないように構成している。このような構成により、低温流体通路A側で熱交換部20を通過するのは改質燃料を含まない第1改質原料（水と空気）のみとなるため、高温流体通路Bへの漏洩ガス中に有害成分を含まない。第1改質原料は熱交換部20を通過して高温に加熱され、熱交換部20の下流側にて第2改質原料（液体の改質燃料）を加熱気化・混合して、水および空気、改質燃料からなる改質原料を生成する。

【0068】

以上、本第1実施形態の水素供給装置の構成によれば、改質原料のうち、水と空気を熱交換部20の上流側に供給し、改質燃料を熱交換部20の下流側に供給することで、熱交換部30における改質燃料に基づく堆積物の発生を防止することができる。これにより、熱交換部20の汚れを回避でき、堆積物による熱交換部20の貫通孔21aの閉塞を防止できる。これにより、熱交換部20のメンテナンスが不要となり、コスト低減につながる。

【0069】

また、上述のように、改質燃料を熱交換部20の下流側に供給することで、回転式熱交換器に生ずるガス漏れにおいて、改質燃料が未反応のまま有害ガスとして外部に排出されることを防止できる。

【0070】

また、水素供給装置の始動時には、始動用燃料を火炎燃焼させ、回転蓄熱体21を加熱することにより、改質システムの各構成要素（熱交換部20や改質部40）を加熱し、速やかに改質反応開始温度まで昇温させることができる。これにより、改質反応開始までの始動時間を短縮することが可能となる。

【0071】

また、本第1実施形態で用いている回転式熱交換器では、隔壁を介して高温流体と低温流体の間の熱交換を行うのではなく、高温流体で加熱された伝熱面自体で低温流体を加熱するため、単位面積当たりの伝熱量が大きい。このため、熱交換効率を高めることができるとともに、必要伝熱量を確保するのに大きな伝熱面を必要としない。従って、始動時における改質反応早期立ち上げや燃料電池50の負荷変動時における高応答性を実現でき、装置の小型化を図ることができる。

【0072】

また、本第1実施形態の水素供給装置では、オフガス供給部と始動用燃焼部とを一体化しているため、装置全体の小型化を図ることができる。

【0073】

また、熱交換部20内のオフガス燃焼処理に伴う発熱量を、改質原料の加熱・気化と、改質部40における吸熱反応（水蒸気改質反応）の補熱量として回収することで、装置の高効率化を図ることができる。

【0074】

また、本第1実施形態のように第2改質原料（改質燃料）を熱交換部20の下流側に供給する場合、第2改質原料供給部30から改質部40までの距離が短いため、第1改質原料と第2改質原料とを短時間で効率よく混合する必要がある。そこで、本第1実施形態の第2改質原料供給部30では、流入孔33aおよび案内板33bが形成された混合部33を設けている。これにより、混合室33内で第1改質原料に渦流を発生させ、第1改質原料と第2改質原料とを効率よく速やかに混合させることができる。

【0075】

(第2実施形態)

次に、本発明の第2実施形態を図7に基づいて説明する。図7に示すように、本第2実施形態は上記第1実施形態に比較して、第2改質原料供給部30に点火プラグ34および燃焼室35を設けた点が異なるものである。上記第1実施形態と同様の部分は同一の符号を付して説明を省略する。

【0076】

上記のように、本第2実施形態の水素供給装置では、第2改質原料供給部30

に、改質燃料に着火して火炎燃焼させるための点火プラグ34と、火炎燃焼を維持するための燃焼室35が設けられている。

【0077】

このような構成により、水素供給装置の始動時に、燃焼ガス供給部60での火炎燃焼に加えて、第2改質原料供給部30でも火炎燃焼を生じさせることができる。この第2改質原料供給部30における火炎燃焼の燃料熱により、直下の改質部40を急速に加熱することができ、改質反応の立ち上げをさらに速やかに行うことが可能となる。

【0078】

また、燃料電池50の負荷変動時にも、一時的に第2改質原料供給部30にて火炎燃焼を生じさせることで改質部40を加熱して、オフガスの燃焼熱の不足分を速やかに補うことができる。

【0079】

(他の実施形態)

なお、上記各実施形態の水素供給装置では、改質原料中の空気を第1改質原料供給部10にて供給するように構成したが、これに限らず、図8、図9に示すように構成してもよい。図8に示す例では、第1改質原料供給部10および第2改質原料供給部30の双方で空気を供給している。図8に示す構成によれば、第2改質原料供給部30において、低圧でも混合室33に噴霧される改質燃料の霧化を促進することができる。さらに、図9に示すように、第2改質原料供給部30のみから空気を供給するように構成してもよい。

【0080】

また、上記各実施形態の水素供給装置では、熱交換部20として回転式熱交換器を用いたが、これに限らず、本発明は種々の熱交換器に適用できる。例えば図10に示すようにフィン・チューブ型のような直交流型熱交換器を用いることもできる。このように直交流型熱交換器を用いる場合にも、改質燃料を熱交換部20の下流側に供給することで、熱交換部20において貫通孔の堆積物の堆積を防止することが可能となる。このような直交流型熱交換器においても、例えばフィンやチューブといった伝熱部材間における接合面からのガス漏れが生ずるが、改

質燃料を熱交換部20の下流側に供給することで、改質燃料が未反応のまま外部に排出されることを防ぐことができる。さらに、例えば対向流型熱交換器を用いても同様の効果を得ることができる。

【0081】

また、上記各実施形態では、改質燃料としてガソリン、軽油等の液状石油系燃料を用いたが、これに限らず、改質燃料としてメタノール、天然ガス等の各種炭化水素化合物を用いることができ、さらに例えばアンモニアのような炭素を含まない水素化合物を用いることもできる。

【0082】

また、上記各実施形態では、温度センサ42を改質部40に設けたが、これに限らず、低温流体通路Aにおける熱交換部20と改質部40の間、あるいは改質部40の下流側に設け、低温流体通路を流れるガス温度を検出して、改質触媒温度を間接的に検出するように構成してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1実施形態の水素供給装置のブロック図である。

【図2】

図1の水素供給装置の概念図である。

【図3】

図1の水素供給装置の熱交換部の分解斜視図である。

【図4】

図3の熱交換部の拡大断面図である。

【図5】

第1改質原料と第2改質原料を混合する混合部の拡大断面図である。

【図6】

図1の水素供給装置の制御系の説明図である。

【図7】

第2実施形態の水素供給装置の概念図である。

【図8】

他の実施形態における改質原料中の空気供給位置の違いを示す概念図である。

【図9】

他の実施形態における改質原料中の空気供給位置の違いを示す概念図である。

【図10】

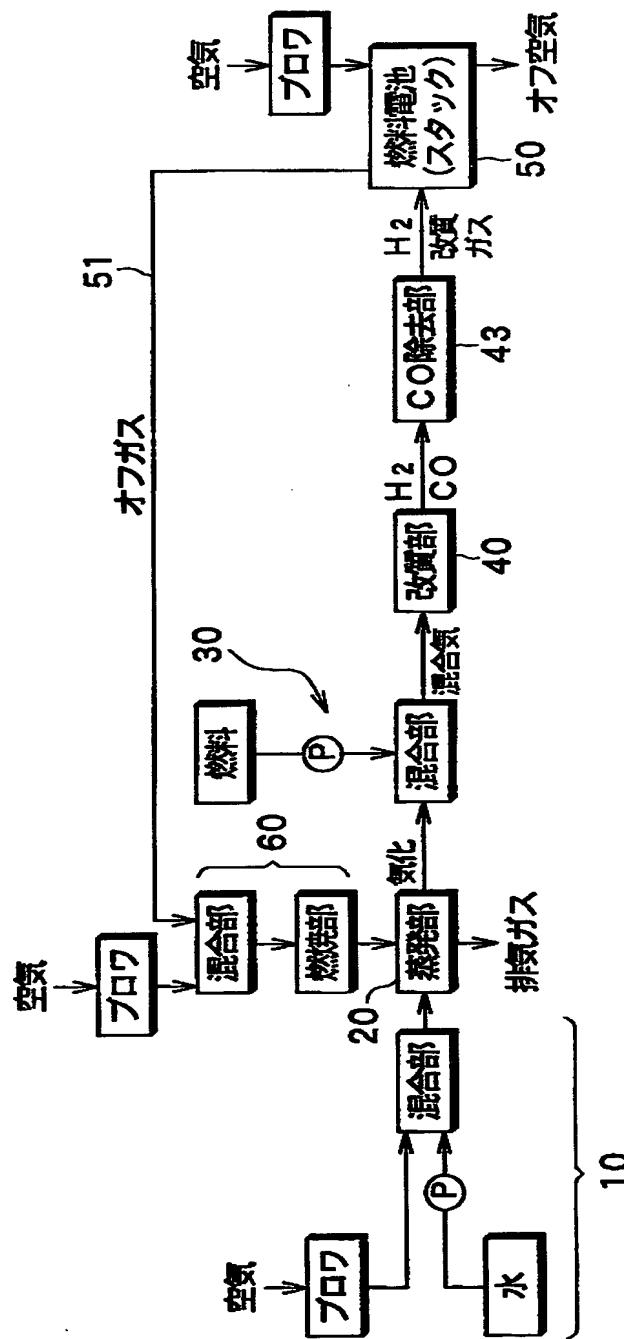
他の実施形態の直交流型熱交換器を用いた水素供給装置の概念図である。

【符号の説明】

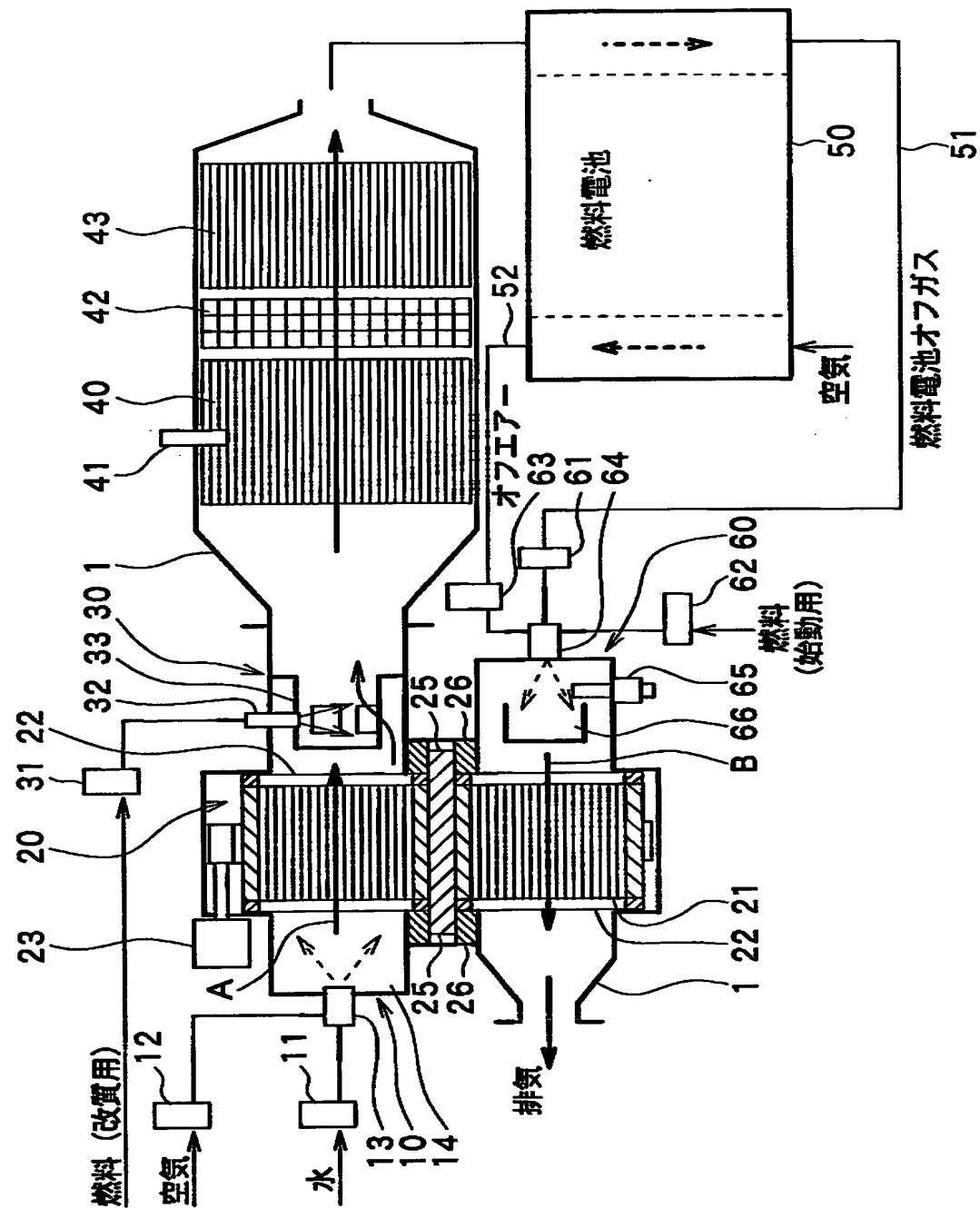
10…第1改質原料供給部、20…熱交換部（蒸発器）、30…第2改質原料供給部、40…改質部、50…燃料電池、60…燃焼ガス供給部（オフガス供給部）、A…低温流体通路（改質原料通路）、B…高温流体通路（燃焼ガス通路）

【書類名】 図面

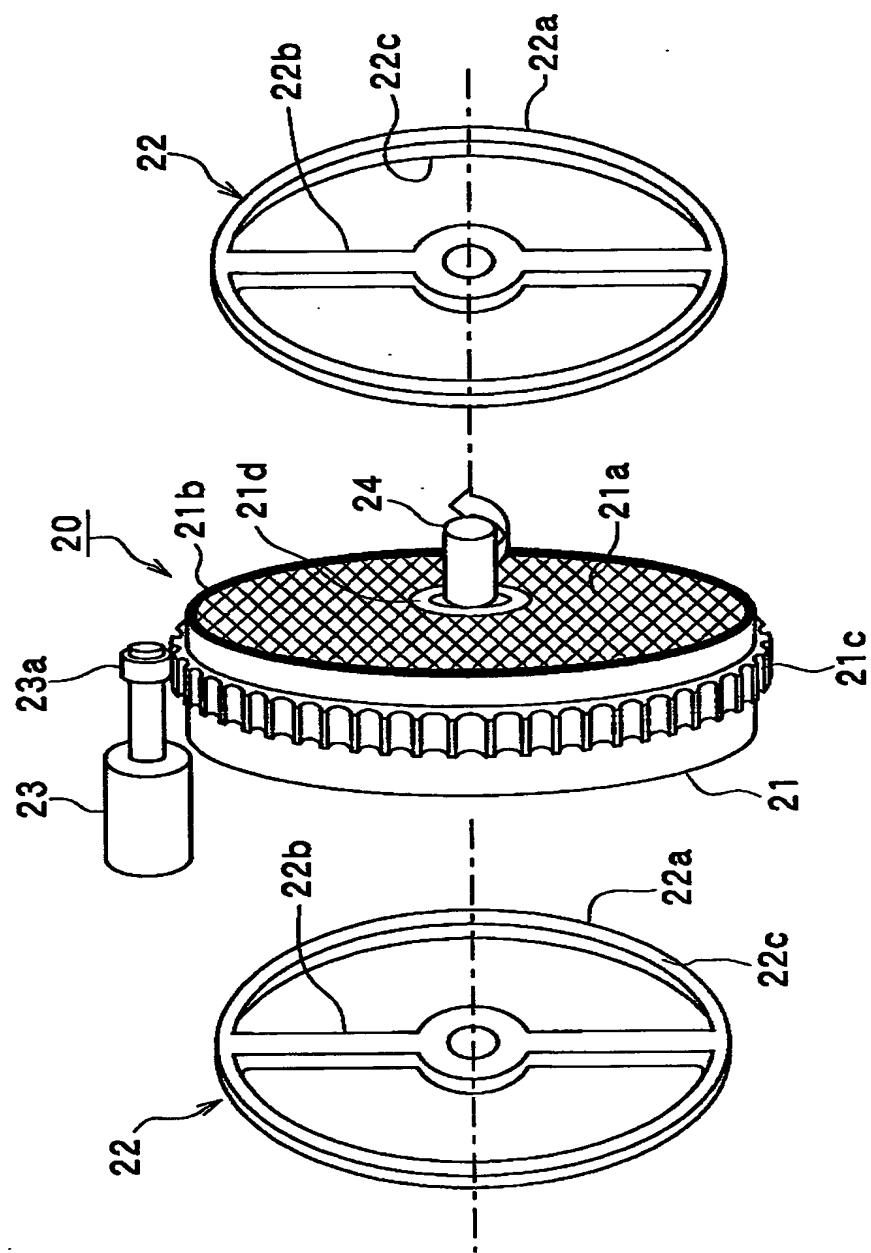
【図1】



【図2】

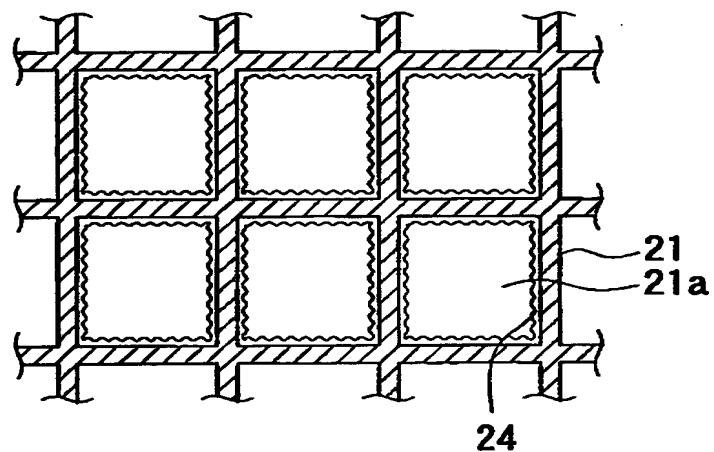


【図3】

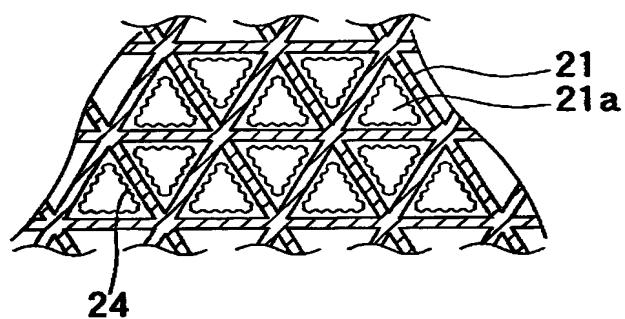


【図4】

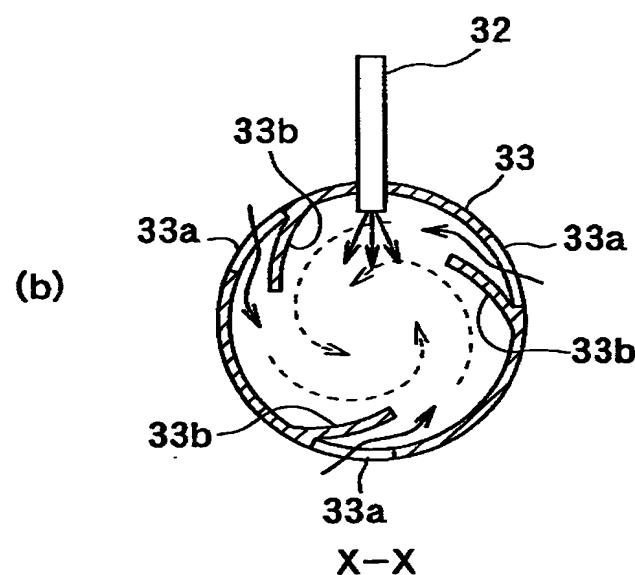
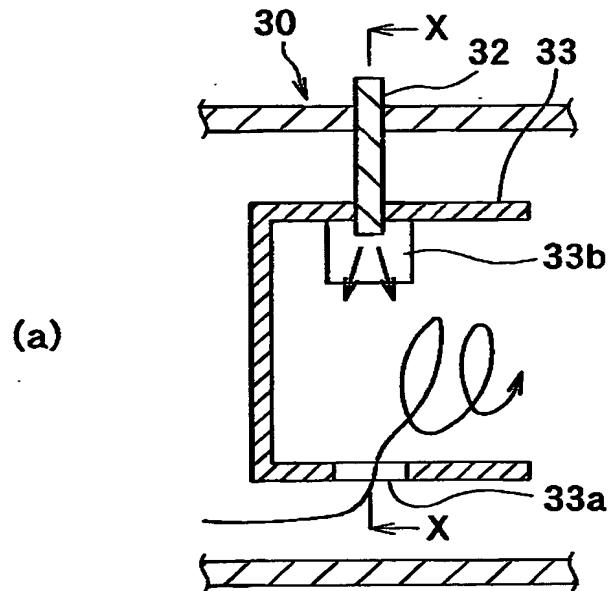
(a)



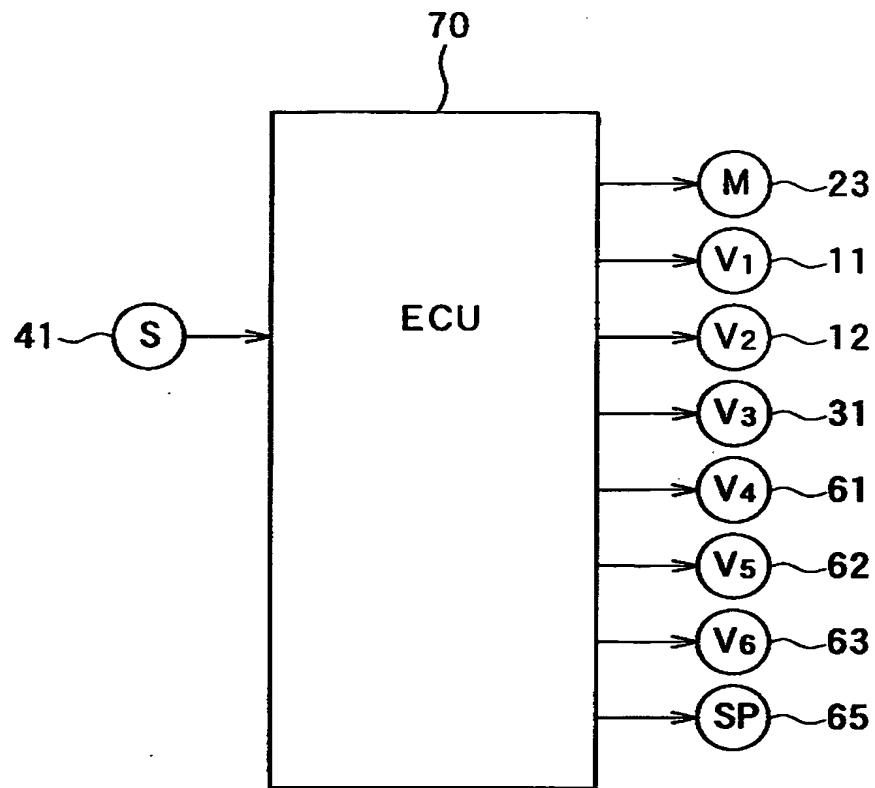
(b)



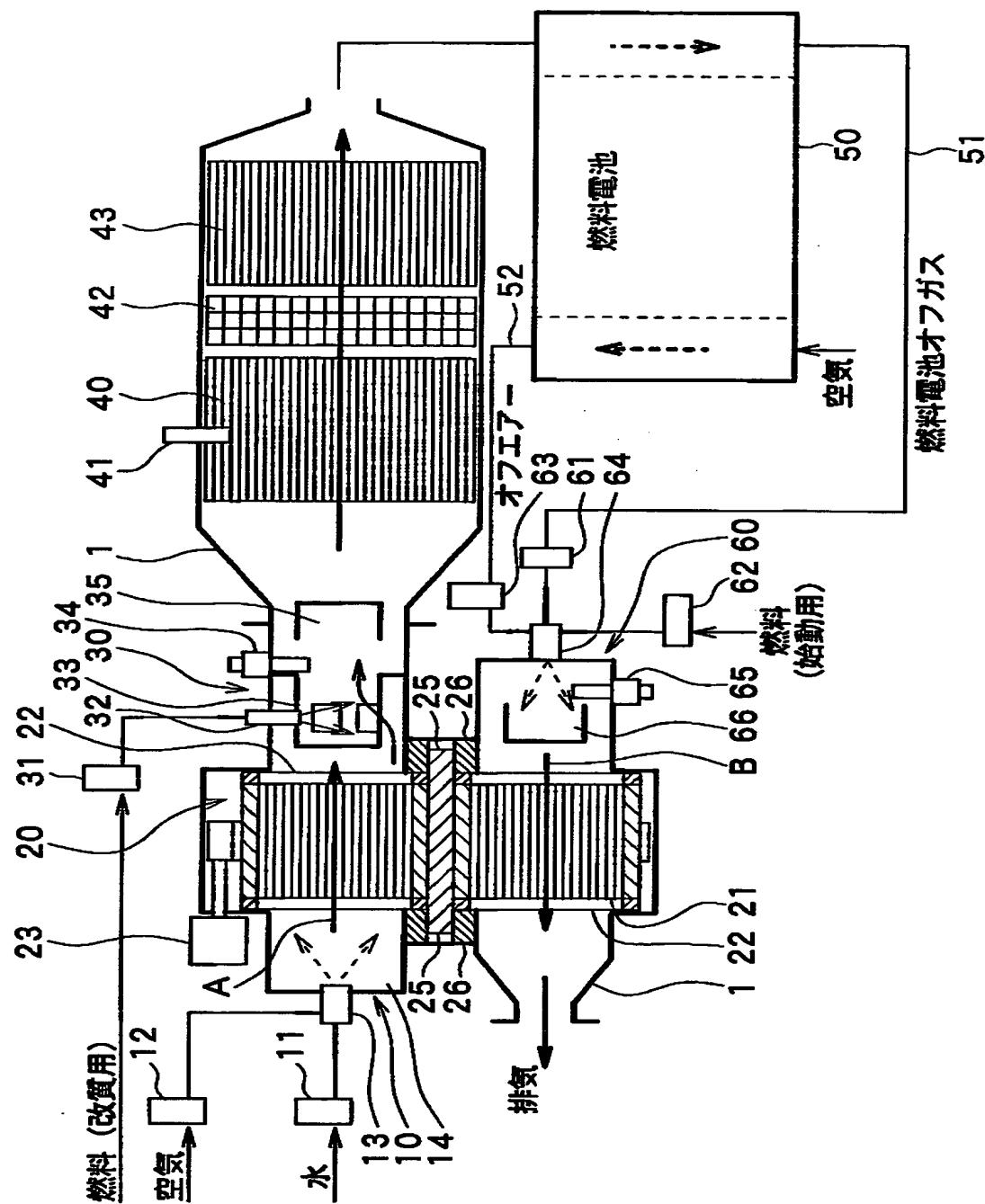
【図5】



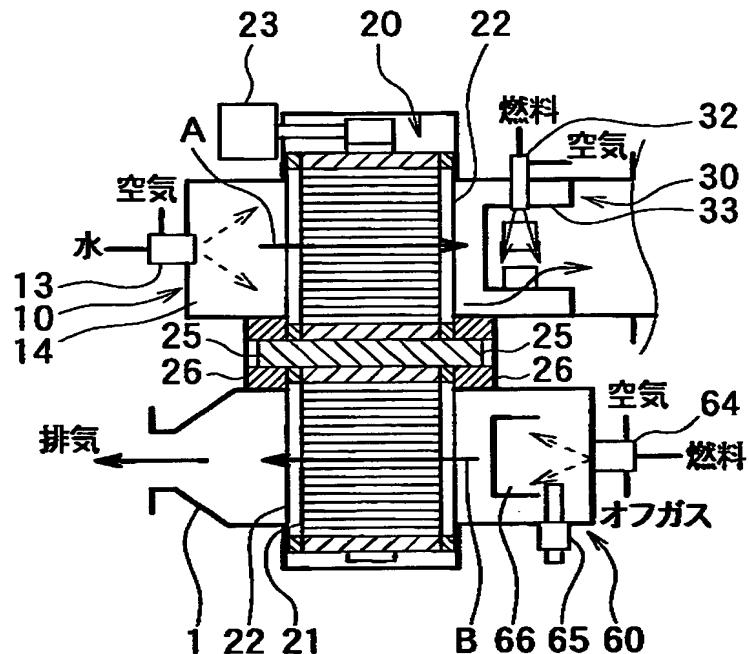
【図6】



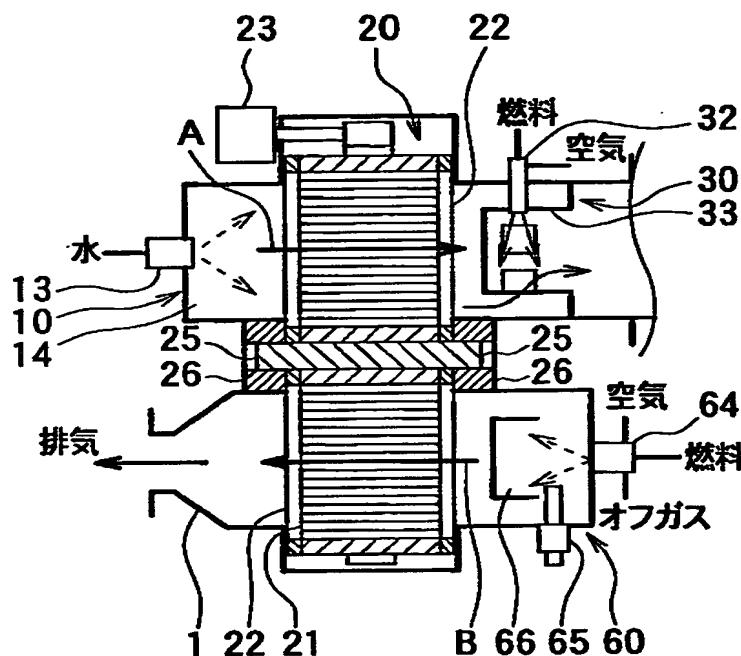
【図7】



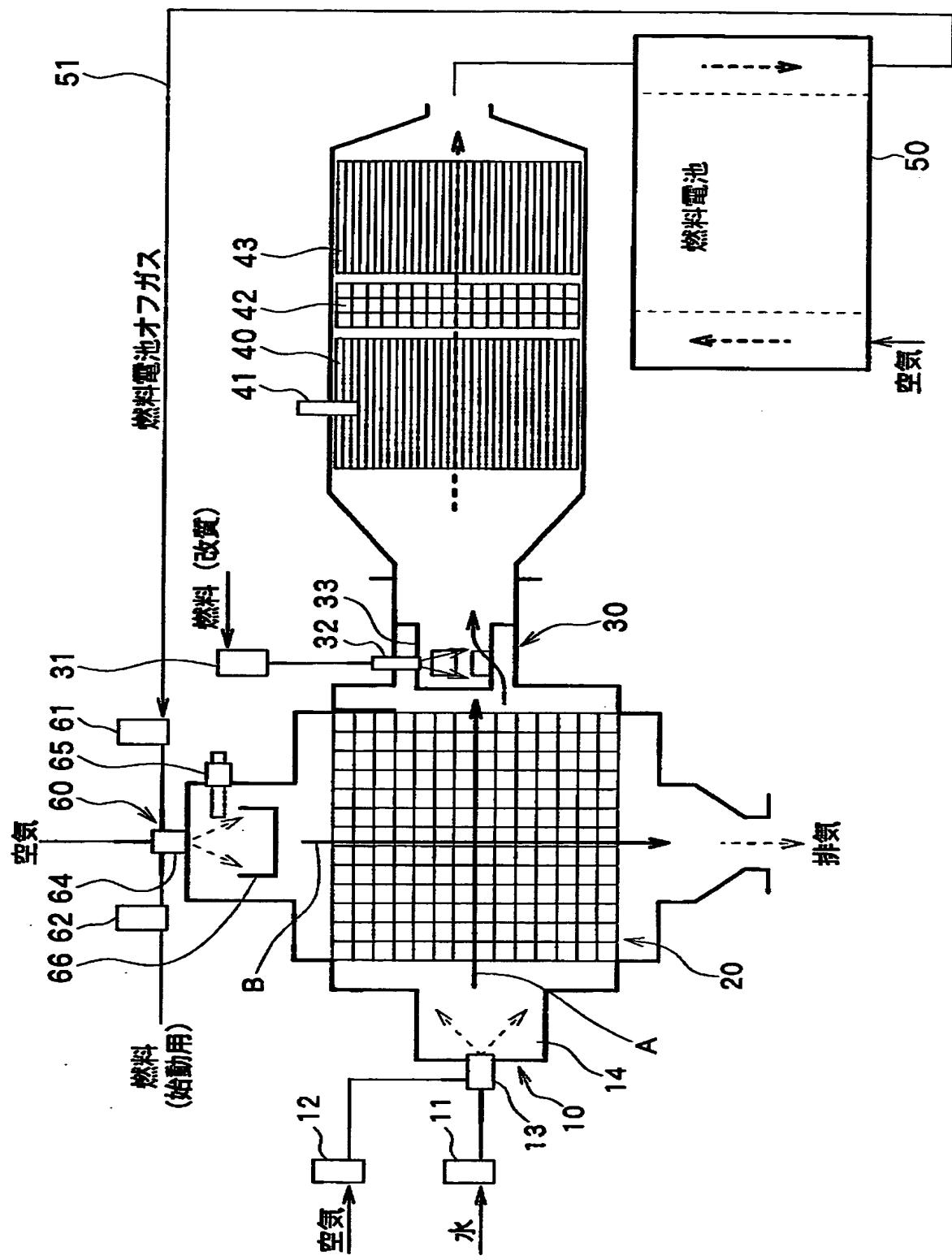
【図8】



【図9】



【図10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 蒸発器で蒸発・気化させた改質原料を改質して水素消費装置に水素を供給する水素供給装置において、蒸発器における堆積物の発生を防止する。

【解決手段】 水および空気、改質燃料からなる改質原料の供給源を、少なくとも水を含む第1の改質原料を供給する第1改質原料供給部10と、少なくとも水素化合物を含む第2の改質原料を供給する第2改質原料供給部30とに分割する。第2改質原料供給部30を熱交換部20の下流側に配置する。熱交換部20では、第1改質原料のみを加熱・気化し、熱交換部20の下流側で第2改質原料を第1改質原料に混合して気化する。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000004260]

1. 変更年月日 1996年10月 8日

[変更理由] 名称変更

住 所 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
氏 名 株式会社デンソー